



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

REC'D 31 OCT 2003

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02020251.1

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

BEST AVAILABLE COPY



Anmeldung Nr.:
Application no.: 02020251.1
Demande no:

Anmeldetag: --
Date of filing: 10.09.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
80333 München
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren zum Betreiben eines Dampferzeugers in liegender Bauweise sowie
Dampferzeuger zur Durchführung des Verfahrens

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

F22B/

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

Beschreibung

Verfahren zum Betreiben eines Dampferzeugers in liegender Bauweise sowie Dampferzeuger zur Durchführung des Verfahrens

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Dampferzeugers mit einer in einem in einer annähernd horizontalen Heizgasrichtung durchströmbaren Heizgaskanal angeordneten Verdampfer-Durchlaufheizfläche, die eine Anzahl von zur
10 Durchströmung eines Strömungsmediums parallel geschalteten Dampferzeugerrohren umfasst, die jeweils ein annähernd vertikal angeordnetes, vom Strömungsmedium in Abwärtsrichtung durchströmbares Fallrohrstück und ein diesem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes
15 und vom Strömungsmedium in Aufwärtsrichtung durchströmbares Steigrohrstück aufweisen, wobei die Verdampfer-Durchlaufheizfläche derart ausgelegt ist, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr derselben Verdampfer-Durchlaufheizfläche mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr einen im Vergleich
20 zum weiteren Dampferzeugerrohr höheren Durchsatz des Strömungsmediums aufweist. Sie betrifft weiter einen Dampferzeuger zur Durchführung des Verfahrens.

Bei einer Gas- und Dampfturbinenanlage wird die im entspannten Arbeitsmittel oder Heizgas aus der Gasturbine enthaltene
25 Wärme zur Erzeugung von Dampf für die Dampfturbine genutzt. Die Wärmeübertragung erfolgt in einem der Gasturbine nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger, in dem üblicherweise eine Anzahl von Heizflächen zur Wasservorwärmung, zur Dampferzeugung und zur Dampfüberhitzung angeordnet ist. Die Heizflächen
30 sind in den Wasser-Dampf-Kreislauf der Dampfturbine geschaltet. Der Wasser-Dampf-Kreislauf umfaßt üblicherweise mehrere, z.B. drei, Druckstufen, wobei jede Druckstufe eine Verdampferheizfläche aufweisen kann.

35

Für den der Gasturbine als Abhitzedampferzeuger heizgasseitig nachgeschalteten Dampferzeuger kommen mehrere alternative

Auslegungskonzepte, nämlich die Auslegung als Durchlaufdampf-
ferzeuger oder die Auslegung als Umlaufdampfzeuger, in Be-
tracht. Bei einem Durchlaufdampfzeuger führt die Beheizung
von als Verdampferrohren vorgesehenen Dampfzeugerrohren zu
5 einer Verdampfung des Strömungsmediums in den Dampfzeuger-
rohren in einem einmaligen Durchlauf. Im Gegensatz dazu wird
bei einem Natur- oder Zwangumlaufdampfzeuger das im Umlauf
geführte Wasser bei einem Durchlauf durch die Verdampferrohre
nur teilweise verdampft. Das dabei nicht verdampfte Wasser
10 wird nach einer Abtrennung des erzeugten Dampfes für eine
weitere Verdampfung den selben Verdampferrohren erneut zuge-
führt.

Ein Durchlaufdampfzeuger unterliegt im Gegensatz zu einem
15 Natur- oder Zwangumlaufdampfzeuger keiner Druckbegrenzung,
so dass er für Frischdampfdrücke weit über dem kritischen
Druck von Wasser ($P_{Kri} \approx 221$ bar) - wo keine Unterscheidung
der Phasen Wasser und Dampf und damit auch keine Phasentren-
nung möglich ist - ausgelegt werden kann. Ein hoher Frisch-
20 dampfdruck begünstigt einen hohen thermischen Wirkungsgrad
und somit niedrige CO_2 -Emissionen eines fossilbeheizten Kraft-
werks. Zudem weist ein Durchlaufdampfzeuger im Vergleich zu
einem Umlaufdampfzeuger eine einfache Bauweise auf und ist
somit mit besonders geringem Aufwand herstellbar. Die Verwen-
25 dung eines nach dem Durchlaufprinzip ausgelegten Dampfzeug-
ers als Abhitzedampfzeuger einer Gas- und Dampfturbinenan-
lage ist daher zur Erzielung eines hohen Gesamtwirkungsgrades
der Gas- und Dampfturbinenanlage bei einfacher Bauweise be-
sonders günstig.

30 Besondere Vorteile hinsichtlich des Herstellungsaufwands,
aber auch hinsichtlich erforderlicher Wartungsarbeiten bietet
ein Abhitzedampfzeuger in liegender Bauweise, bei dem das
beheizende Medium oder Heizgas, also das Abgas aus der Gas-
35 turbine, in annähernd horizontaler Strömungsrichtung durch
den Dampfzeuger geführt ist. Bei einem Dampfzeuger in
liegender Bauweise können die Dampfzeugerrohre einer Ver-

- dampfer-Heizfläche jedoch je nach ihrer Positionierung einer stark unterschiedlichen Beheizung ausgesetzt sein. Insbesondere bei ausgangsseitig mit einem gemeinsamen Sammler verbundenen Dampferzeugerrohren eines Durchlaufdampferzeugers kann
- 5 eine unterschiedliche Beheizung einzelner Dampferzeugerrohre zu einer Zusammenführung von Dampfströmen mit stark voneinander abweichenden Dampfparametern und somit zu unerwünschten Wirkungsgradverlusten, insbesondere zu einer vergleichsweise verringerten Effektivität der betroffenen Heizfläche und ei-
- 10 ner dadurch reduzierten Dampferzeugung, führen. Eine unterschiedliche Beheizung benachbarter Dampferzeugerrohre kann zudem, insbesondere im Einmündungsbereich von Sammlern, zu Schäden an den Dampferzeugerrohren oder dem Sammler führen. Die an sich wünschenswerte Verwendung eines in liegender Bau-
- 15 weise ausgeführten Durchlaufdampferzeugers als Abhitzedampferzeuger für eine Gasturbine kann somit erhebliche Probleme hinsichtlich einer ausreichend stabilisierten Strömungsführung mit sich bringen..
- 20 Aus der EP 0 944 801 B1 ist ein Dampferzeuger bekannt, der für eine Auslegung in liegender Bauweise geeignet ist und zudem die genannten Vorteile eines Durchlaufdampferzeugers aufweist. Dazu ist die Verdampferheizfläche des bekannten Dampferzeugers als Durchlaufheizfläche verschaltet und derart
- 25 ausgelegt, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr derselben Durchlaufheizfläche mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr höheren Durchsatz des Strömungsmediums aufweist. Unter Durchlaufheizfläche ist dabei im allgemeinen eine Heizfläche
- 30 zu verstehen, die für eine Durchströmung nach dem Durchlaufprinzip ausgelegt ist. Das der als Durchlaufheizfläche verschalteten Verdampferheizfläche zugeführte Strömungsmedium wird also im einmaligen Durchlauf durch diese Durchlaufheizfläche oder durch ein eine Mehrzahl von hintereinander geschalteten Durchlaufheizflächen umfassendes Heizflächensystem
- 35 vollständig verdampft.

Die als Durchlaufheizfläche verschaltete Verdampferheizfläche des bekannten Dampferzeugers zeigt somit in der Art der Strömungscharakteristik einer Naturumlaufverdampferheizfläche (Naturumlaufcharakteristik) bei auftretender unterschiedlicher Beheizung einzelner Dampferzeugerrohre ein selbststabilisierendes Verhalten, das ohne das Erfordernis äußerer Einflußnahme zu einer Angleichung der austrittsseitigen Temperaturen auch an unterschiedlich beheizten, strömungsmediumsseitig parallel geschalteten Dampferzeugerrohren führt.

Um bei einem Dampferzeuger in derartiger Bauweise eine besonders geringe Belastung durch thermisch bedingte Spannungen bei besonders im Hinblick auf die wasser- und/oder dampfseitige Verteilung des Strömungsmediums besonders gering gehaltenem Herstellungs- und Montageaufwand zu erreichen, kann die Verdampfer-Durchlaufheizfläche des Dampferzeugers in der Art einer U-förmigen Bauweise aus einer Anzahl von zur Durchströmung des Strömungsmediums parallel geschalteten Dampferzeugerrohren gebildet sein, die jeweils ein annähernd vertikal angeordnetes, vom Strömungsmedium in Abwärtsrichtung durchströmbares Fallrohrstück und ein diesem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium in Aufwärtsrichtung durchströmbares Steigrohrstück aufweisen. Wie sich herausgestellt hat, ist bei einer derartigen Bauweise ein die Durchströmung der Durchlaufheizfläche begünstigender - strömungsfördernder - Druckbeitrag über den geodätischen Druck der im Fallrohrstück des jeweiligen Dampferzeugerrohrs befindlichen Wassersäule nutzbar.

Allerdings könnte eine derartige Bauweise grundsätzlich das Auftreten von Strömungsinstabilitäten beim Betrieb der Verdampfer-Durchlaufheizfläche begünstigen, die zu betrieblichen Nachteilen führen könnten. Zwar ist durch die Bespeisung der die Durchlaufheizfläche bildenden Dampferzeugerrohre mit vergleichsweise geringer Massenstromdichte und durch den damit verbundenen vergleichsweise geringen Reibungsdruckverlust eine Naturumlaufcharakteristik der Strömung im Dampferzeuger-

rohr erzielbar, die sich stabilisierend auf die Strömung auswirkt. Dennoch ist es wünschenswert, gerade bei einer derartigen Bauweise mit abwärts durchströmbarem Rohrabschnitt in besonderem Maße zu einer Stabilisierung der Strömungsverhältnisse beim Betrieb der Verdampfer-Durchlaufheizfläche beizutragen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Dampferzeugers der oben genannten Art anzugeben, mit dem auf vergleichsweise einfache Weise ein besonders hohes Maß an Strömungsstabilität beim Betrieb der Verdampfer-Durchlaufheizfläche erreichbar ist. Des Weiteren soll ein zur Durchführung des Verfahrens besonders geeigneter Dampferzeuger der oben genannten Art angegeben werden.

Bezüglich des Verfahrens wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Strömungsmedium der Verdampfer-Durchlaufheizfläche derartig zugeführt wird, dass es im Fallrohrstück des jeweiligen Dampferzeugerrohrs eine Strömungsgeschwindigkeit von mehr als einer vorgegebenen Mindestgeschwindigkeit aufweist.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass eine besonders hohe Strömungsstabilität und somit ein besonders hohes Maß an betrieblicher Sicherheit für den Dampferzeuger der oben genannten Art erzielbar ist, indem mögliche Ursachen für sich einstellende Strömungsinstabilitäten konsequent unterdrückt werden. Wie sich herausgestellt hat, kann als eine dieser möglichen Ursachen ein Auftreten von Dampfblasen im Fallrohrstück des jeweiligen Dampferzeugerrohrs angesehen werden. Falls sich nämlich im Fallrohrstück Dampfblasen bilden sollten, so könnten diese in der sich im Fallrohrstück befindlichen Wassersäule aufsteigen und somit eine Bewegung entgegen der Strömungsrichtung des Strömungsmediums vollführen. Um eine derartige, der Strömungsrichtung des Strömungsmediums entgegengerichtete Bewegung von möglicherweise vorhandenen Dampfblasen konsequent zu unterbinden, sollte durch

eine geeignete Vorgabe der Betriebsparameter eine erzwungene Mitnahme der Dampfblasen in der eigentlichen Strömungsrichtung des Strömungsmediums sichergestellt werden. Dies ist erreichbar, indem die Bespeisung der Verdampfer-Durchlaufheizfläche mit Strömungsmedium in geeigneter Weise erfolgt, wobei

5 eine ausreichend hohe Strömungsgeschwindigkeit des Strömungsmediums in den Dampferzeugerrohren den gewünschten Mitnahmeeffekt auf die möglicherweise vorhandenen oder sich bildenden Dampfblasen bewirkt.

10

Vorteilhafterweise wird dabei die Strömungsgeschwindigkeit des Strömungsmediums im Fallrohrstück des jeweiligen Dampferzeugerrohrs derart eingestellt, dass im zulässigen Betriebsbereich in jedem Fall eine Mitnahme von möglicherweise vorhandenen Dampfblasen gewährleistet ist. Dazu wird vorteilhafterweise als Mindestgeschwindigkeit für die Strömungsgeschwindigkeit des Strömungsmediums im Fallrohrstück des jeweiligen Dampferzeugerrohrs die zur Mitnahme der Dampfblasen erforderliche Strömungsgeschwindigkeit, gegebenenfalls erhöht

15 um einen geeignet gewählten Sicherheitsaufschlag, vorgegeben.

20

Die Einstellung einer ausreichend hohen Strömungsgeschwindigkeit des Strömungsmediums im Fallrohrstück des jeweiligen Dampferzeugerrohrs ist auf besonders einfache Weise möglich, indem das Strömungsmedium dem Fallrohrstück des jeweiligen Dampferzeugerrohrs in teilverdampftem Zustand und/oder mit einer gewissen Mindestenthalpie zugeführt wird. Dazu wird das Strömungsmedium vorteilhafterweise vor seinem Eintritt in die Verdampfer-Durchlaufheizfläche derart teilweise vorverdampft,

25 dass es beim Eintritt in die Verdampfer-Durchlaufheizfläche einen Dampfgehalt und/oder eine Enthalpie von mehr als einem vorgegebenen Mindestdampfgehalt bzw. einer vorgegebenen Mindestenthalpie aufweist.

30

35 Bezüglich des Dampferzeugers wird die genannte Aufgabe dadurch gelöst, dass der Verdampfer-Durchlaufheizfläche ström-

mungsmediumsseitig eine weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche vorgeschaltet ist.

Das Verdampfersystem des Dampferzeugers ist somit in der Art einer mehrstufigen Ausführung ausgestaltet, wobei die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche in der Art eines Vorverdampfers zur geeigneten Konditionierung des Strömungsmediums vor dessen Eintritt in die eigentliche Verdampfer-Durchlaufheizfläche vorgesehen ist. Die eigentliche Verdampfer-Durchlaufheizfläche dient hingegen in der Art einer zweiten Verdampferstufe zur Vervollständigung bei der Verdampfung des Strömungsmediums.

Zweckmäßigerweise ist auch die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche für sich genommen für ein selbststabilisierendes Strömungsverhalten durch konsequente Nutzung einer Naturumlaufcharakteristik in den jeweiligen Dampferzeugerrohren ausgelegt. Dazu umfasst die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche vorteilhafterweise eine Anzahl von zur Durchströmung des Strömungsmediums parallel geschalteten Dampferzeugerrohren. Sie ist zweckmäßigerweise derart ausgelegt, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr höheren Durchsatz des Strömungsmediums aufweist.

Um den gewünschten Effekt einer konsequenten Mitnahme von im Fallrohrstück eines Dampferzeugerrohrs der Verdampfer-Durchlaufheizfläche möglicherweise vorhandenen Dampfblasen zuverlässig sicherzustellen, ist die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche zweckmäßigerweise derart dimensioniert, dass im Betriebsfall das in die ihr nachgeschaltete Verdampfer-Durchlaufheizfläche einströmende Strömungsmedium eine Strömungsgeschwindigkeit von mehr als der zur Mitnahme der Dampfblasen erforderlichen Mindestgeschwindigkeit aufweist.

Während die Verdampfer-Durchlaufheizfläche des Dampferzeugers aus den genannten, u-förmig ausgebildeten Dampferzeugerrohren gebildet ist, ist die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche zur Vermeidung von Behinderungen durch dort möglicherweise vorhandene Dampfblasen zweckmäßigerweise aus im wesentlichen vertikal ausgerichteten, zur Durchströmung durch das Strömungsmedium von unten nach oben vorgesehenen Dampferzeugerrohren gebildet. Insbesondere ist die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche somit ausschließlich aus Steigrohrstücken gebildet.

Bei einer derartigen Ausgestaltung des Dampferzeugers ist die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche zweckmäßigerweise mit einer Anzahl von oberhalb des Heizgaskanals angeordneten Austrittssammlern für das Strömungsmedium versehen. Für ein besonders einfach gehaltenes Konzept hinsichtlich der austrittsseitigen Homogenisierung des aus der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche abströmenden Strömungsmediums ist der dieser strömungsmediumsseitig nachgeschaltete Austrittssammler vorteilhafterweise mit seiner Längsachse im wesentlichen parallel zur Heizgasrichtung ausgerichtet.

Bei einer derartigen Ausgestaltung ist die ohnehin vorgesehene Eigenschaft der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche, nämlich eine selbststabilisierende Umlaufcharakteristik, konsequent für eine Vereinfachung der Verteilung genutzt. Gerade wegen der selbststabilisierenden Umlaufcharakteristik können nämlich nunmehr auch in Heizgasrichtung gesehen hintereinander angeordnete und somit unterschiedlich beheizte Dampferzeugerrohre ausgangsseitig mit in etwa gleichen Dampfzuständen in einen gemeinsamen Austrittssammler münden. In diesem wird das von den Dampferzeugerrohren abströmende Strömungsmedium gemischt und für eine Weiterleitung in ein nachfolgendes Heizflächensystem ohne Beeinträchtigung der bei der Mischung erreichten Homogenisierung bereitgestellt. Somit ist ein gesondertes, der weiteren Durchlaufheizfläche nachgeschaltetes

und vergleichsweise aufwändiges Verteilersystem nicht erforderlich.

Für eine vergleichsweise einfach gehaltene Bauweise umfaßt
5 die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche vorzugsweise in
der Art eines Rohrbündels eine Anzahl von in Heizgasrichtung
gesehen hintereinander angeordneten Rohrlagen, von denen jede
aus einer Anzahl von in Heizgasrichtung gesehen nebeneinander
angeordneten Dampferzeugerrohren gebildet ist. Die der weite-
10 ren Verdampfer-Durchlaufheizfläche strömungsmediumsseitig
nachfolgende Verteilung des Strömungsmediums unter Einsparung
eines aufwändigen Verteilersystems kann besonders einfach
ausgeführt sein, indem in weiterer vorteilhafter Ausgestal-
tung der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche eine der An-
15 zahl der Dampferzeugerrohre in jeder Rohrlage entsprechende
Anzahl von mit ihrer Längsachse im wesentlichen parallel zur
Heizgasrichtung ausgerichteten Austrittssammlern zugeordnet
ist. Dabei mündet in jeden Austrittssammler jeweils ein
Dampferzeugerrohr jeder Rohrlage ein. Die Austrittssammler
20 sind vorteilhafterweise oberhalb des Heizgaskanals angeord-
net.

Aufgrund der im wesentlichen u-förmigen Ausgestaltung der die
Verdampfer-Durchlaufheizfläche bildenden Dampferzeugerrohre
25 befindet sich deren Einströmbereich im oberen Bereich oder
oberhalb des Heizgaskanals. Unter konsequenter Nutzung der
der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche zugeordneten,
oberhalb des Heizgaskanals angeordneten und mit ihrer Längs-
richtung jeweils im wesentlichen parallel zur Strömungsrich-
30 tung des Heizgases ausgerichteten Austrittssammler ist dabei
eine Zusammenschaltung der Verdampfer-Durchlaufheizfläche mit
der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche mit besonders ge-
ringem Aufwand ermöglicht, indem der oder jeder Austritts-
sammler der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche in vor-
35 teilhafter Ausgestaltung mit einem jeweils zugeordneten Ein-
trittssammler der strömungsmediumsseitig nachgeschalteten

Verdampfer-Durchlaufheizfläche in eine konstruktive Einheit integriert ist.

- 5 Eine derartige Anordnung ermöglicht ein unmittelbares Überströmen des aus der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche austretenden Strömungsmediums in die strömungsmediumsseitig nachgeschalteten Dampferzeugerrohre der erstgenannten Verdampfer-Durchlaufheizfläche. Bei dieser Anordnung ist einer Weiterführung des aus der weiteren Verdampfer-Durchlaufheiz-
- 10 fläche abströmenden Strömungsmediums in die Verdampfer-Durchlaufheizfläche nahezu ohne Beeinträchtigung der im Austrittssammler der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche durch Mischung erreichten Homogenisierung möglich. Aufwändige Verteiler- oder Verbindungsleitungen zwischen dem Austrittssammler
- 15 der weiteren Durchlaufheizfläche und dem Eintrittssammler der Durchlaufheizfläche sowie zugeordnete Misch- und Verteilerelemente können somit entfallen, und im allgemeinen ist die Leitungsführung vergleichsweise einfach.
- 20 In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung sind die Dampferzeugerrohre der Verdampfer-Durchlaufheizfläche eintrittsseitig in einer gemeinsamen, senkrecht zur Längsrichtung der Sammlereinheiten ausgerichteten Ebene an den ihnen jeweils zugeordneten Eintrittssammler angeschlossen. Durch eine derartige
- 25 Anordnung ist sichergestellt, dass das teilverdampfte, der Verdampfer-Durchlaufheizfläche zuzuführende Strömungsmedium, ausgehend vom als Austrittssammler für die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche genutzten Teils der integrierten Einheit, zunächst gegen den Boden des als Eintrittssammler für
- 30 die Verdampfer-Durchlaufheizfläche genutzten Teils der konstruktiven Einheit prallt, dort nochmals verwirbelt wird und anschließend mit nahezu gleichen Zwei-Phasen-Anteilen in die an den jeweiligen Eintrittssammler angeschlossenen Dampferzeugerrohre der Verdampfer-Durchlaufheizfläche abströmt. Aufgrund der in Strömungsrichtung der Sammlereinheiten gesehen
- 35 symmetrischen Anordnung der Abströmstellen aus dem jeweiligen

Eintrittssammler erfolgt eine besonders homogene Bespeisung der Durchlaufheizfläche mit Strömungsmedium.

Zweckmäßigerweise wird der Dampferzeuger als Abhitzedampferzeuger einer Gas- und Dampfturbinenanlage verwendet. Dabei ist der Dampferzeuger vorteilhafterweise heizgasseitig einer Gasturbine nachgeschaltet. Bei dieser Schaltung kann zweckmäßigerweise hinter der Gasturbine eine Zusatzfeuerung zur Erhöhung der Heizgastemperatur angeordnet sein.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch die nunmehr vorgesehene, zumindest teilweise Vorverdampfung des Strömungsmediums vor dessen Eintritt in die aus im wesentlichen u-förmig ausgestalteten Dampferzeugerrohren gebildete Durchlaufheizfläche nach vorgebbaren Kriterien ein gewünschter Dampfgehalt und/oder eine gewünschte Enthalpie des Strömungsmediums einstellbar ist. Durch geeignete Wahl des Dampfgehalts und/oder der Enthalpie des der Durchlaufheizfläche zuströmenden Strömungsmediums oberhalb eines vorgegebenen Mindestdampfgehalts und/oder einer vorgegebenen Mindestenthalpie kann eine ausreichende Strömungsgeschwindigkeit des Strömungsmediums im Fallrohrstück des jeweiligen Dampferzeugerrohrs der Durchlaufheizfläche sichergestellt werden. Die Strömungsgeschwindigkeit eines Wasser-Dampf-Gemisches ist nämlich bei gleichem Massendurchsatz um so höher, je größer der Dampfanteil und damit das spezifische Volumen des Gemisches ist.

Die Strömungsgeschwindigkeit des Wasser-Dampf-Gemisches kann dabei insbesondere derart hoch eingestellt werden, dass möglicherweise im Fallrohrstück des jeweiligen Dampferzeugerrohrs vorhandene Dampfblasen zuverlässig mitgerissen und in das dem jeweiligen Fallrohrstück nachgeschaltete Steigrohrstück überführt werden können. Selbst bei der u-förmigen Ausgestaltung der Dampferzeugerrohre der Verdampfer-Durchlaufheizfläche ist somit eine der Strömungsrichtung des Strömungsmediums entgegengesetzte Bewegung der Dampfblasen sicher

ausgeschlossen, so dass eine besonders hohe Strömungsstabilität und somit eine besonders hohe betriebliche Sicherheit für den Dampferzeuger mit einer derartig ausgestalteten Verdampfer-Durchlaufheizfläche gewährleistet ist.

5

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

10 Figur 1 in vereinfachter Darstellung im Längsschnitt die Verdampfersektion eines Dampferzeugers in liegender Bauweise,

15 Figur 2 den Dampferzeuger nach Figur 1 ausschnittsweise in Aufsicht,

15 Figur 3 den Dampferzeuger nach Figur 1 im Ausschnitt entlang der in Figur 2 dargestellten Schnittlinie,

20 Figur 4 den Dampferzeuger nach Figur 1 im Ausschnitt entlang der in Figur 2 dargestellten Schnittlinie, und

20 Figur 5 ein Enthalpie- bzw. Strömungsgeschwindigkeits-Massenstromdiagramm.

25 Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

30 Der in Figur 1 mit einer Verdampfersektion gezeigte Dampferzeuger 1 ist in der Art eines Abhitzedampferzeugers einer nicht näher dargestellten Gasturbine abgasseitig nachgeschaltet. Der Dampferzeuger 1 weist eine Umfassungswand 2 auf, die einen in einer annähernd horizontalen, durch die Pfeile 4 angedeuteten Heizgasrichtung x durchströmbaren Heizgaskanal 6 für das Abgas aus der Gasturbine bildet. Im Heizgaskanal 6
35 ist eine Anzahl - im Ausführungsbeispiel zwei - von nach dem Durchlaufprinzip ausgelegten Verdampfer-Heizflächen 8, 10 an-

geordnet, die für den Durchfluss eines Strömungsmediums W, D hintereinandergeschaltet sind.

Das aus den Verdampfer-Durchlaufheizflächen 8, 10 gebildete
5 mehrstufige Verdampfersystem ist mit unverdampftem Strömungs-
medium W beaufschlagbar, das bei einmaligem Durchlauf durch
die Verdampfer-Durchlaufheizflächen 8, 10 verdampft und nach
dem Austritt aus der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 als
Dampf D abgeführt und üblicherweise zur weiteren Überhitzung
10 Überhitzerheizflächen zugeführt wird. Das aus den Verdampfer-
Durchlaufheizflächen 8, 10 gebildete Verdampfersystem ist in
den nicht näher dargestellten Wasser-Dampf-Kreislauf einer
Dampfturbine geschaltet. Zusätzlich zu diesem Verdampfersy-
stem sind in den Wasser-Dampf-Kreislauf der Dampfturbine eine
15 Anzahl weiterer, in Figur 1 nicht näher dargestellter Heiz-
flächen geschaltet, bei denen es sich beispielsweise um Über-
hitzer, Mitteldruckverdampfer, Niederdruckverdampfer und/oder
um Vorwärmer handeln kann.

20 Die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 des Dampferzeugers 1 um-
fasst in der Art eines Rohrbündels eine Vielzahl von zur
Durchströmung des Strömungsmediums W parallel geschalteten
Dampferzeugerrohren 12. Dabei ist jeweils eine Mehrzahl von
Dampferzeugerrohren 12 unter Bildung einer sogenannten Rohr-
25 lage in Heizgasrichtung x gesehen nebeneinander angeordnet,
so dass in Figur 1 jeweils lediglich eines der so nebeneinan-
der angeordneten Dampferzeugerrohre 12 einer Rohrlage sicht-
bar ist. Den so nebeneinander angeordneten Dampferzeugerroh-
ren 12 ist strömungsmediumseitig jeweils ein zugeordneter
30 Eintrittssammler 14 vor- und ein gemeinsamer Austrittssammler
16 nachgeschaltet.

Die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 ist derart ausgelegt,
dass sie für eine Bespeisung der Dampferzeugerrohre 12 mit
35 vergleichsweise niedriger Massenstromdichte geeignet ist, wo-
bei die Dampferzeugerrohre 12 eine Naturumlaufcharakteristik
aufweisen. Bei dieser Naturumlaufcharakteristik weist ein im

Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr 12 derselben Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 mehr beheiztes Dampferzeugerrohr 12 einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr 12 höheren Durchsatz des Strömungsmediums W auf. Um dies mit
5 besonders einfachen konstruktiven Mitteln auf besonders zuverlässige Weise sicherzustellen, umfasst die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 zwei strömungsmediumsseitig in Reihe geschaltete Segmente. Im ersten Segment umfasst jedes Dampferzeugerrohr 12 der Durchlaufheizfläche 8 dabei ein annähernd
10 vertikal angeordnetes, vom Strömungsmedium W in Abwärtsrichtung durchströmbares Fallrohrstück 20. Im zweiten Segment umfasst jedes Dampferzeugerrohr 12 ein dem Fallrohrstück 20 strömungsmediumseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium W in Aufwärts-
15 richtung durchströmbares Steigrohrstück 22.

Das Steigrohrstück 22 ist dabei mit dem ihm zugeordneten Fallrohrstück 20 über ein Überströmstück 24 verbunden.

20 Jedes Dampferzeugerrohr 12 der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 weist, wie dies in Figur 1 erkennbar ist, eine nahezu u-förmige Form auf, wobei die Schenkel des U durch das Fallrohrstück 20 und das Steigrohrstück 22 und der Verbindungsbo-
gen durch das Überströmstück 24 gebildet sind. Bei einem der-
25 artig ausgestalteten Dampferzeugerrohr 12 erzeugt der geodätische Druckbeitrag des Strömungsmediums W im Bereich des Fallrohrstücks 20 - im Gegensatz zum Bereich des Steigrohrstücks 22 - einen strömungsfördernden und nicht einen strömungshemmenden Druckbeitrag. Mit anderen Worten: Die im Fall-
30 rohrstück 20 befindliche Wassersäule an unverdampftem Strömungsmedium W „schiebt“ die Durchströmung des jeweiligen Dampferzeugerrohrs 12 noch mit an, statt diese zu behindern. Dadurch weist das Dampferzeugerrohr 12 insgesamt gesehen einen vergleichsweise geringen Druckverlust auf.

35 Bei der annähernd u-förmigen Bauweise ist jedes Dampferzeugerrohr 12 jeweils im Eintrittsbereich seines Fallrohrstücks

20 und im Austrittsbereich seines Steigrohrstücks 22 in der Art einer hängenden Bauweise an der Decke des Heizgaskanals 6 aufgehängt oder befestigt. Die räumlich gesehen unteren Enden des jeweiligen Fallrohrstücks 20 und des jeweiligen Steigrohrstücks 22, die durch ihr Überströmstück 24 miteinander verbunden sind, sind hingegen nicht unmittelbar räumlich am Heizgaskanal 6 fixiert. Längendehnungen dieser Segmente der Dampferzeugerrohre 12 sind somit ohne Schadensrisiko tolerierbar, wobei das jeweilige Überströmstück 24 als Dehnungsbogen wirkt. Diese Anordnung der Dampferzeugerrohre 12 ist somit mechanisch besonders flexibel und hinsichtlich thermischer Spannungen unempfindlich gegenüber auftretenden Differenzdehnungen.

Beim Dampferzeuger 1 in liegender Bauweise und unter Verwendung der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 mit im Wesentlichen u-förmig ausgestalteten Dampferzeugerrohren 12 treten jedoch im allgemeinen im Fallrohrstück 20 eines Dampferzeugerrohrs 12 Dampfblasen auf. Diese Dampfblasen könnten entgegen der Strömungsrichtung des Strömungsmediums W im jeweiligen Fallrohrstück 20 aufsteigen und somit die Stabilität der Strömung und auch den zuverlässigen Betrieb des Dampferzeugers 1 behindern. Um dies zuverlässig zu unterbinden, ist der Dampferzeuger 1 für eine Bespeisung der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 mit bereits teilweise verdampftem Strömungsmedium W ausgelegt.

Dabei ist eine Zuführung des Strömungsmediums D, W in die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 derart vorgesehen, dass das Strömungsmedium D, W im Fallrohrstück 20 des jeweiligen Dampferzeugerrohrs 12 eine Strömungsgeschwindigkeit von mehr als einer vorgebbaren Mindestgeschwindigkeit aufweist. Diese ist wiederum derart bemessen, dass auf Grund der ausreichend hohen Strömungsgeschwindigkeit des Strömungsmediums D, W im jeweiligen Fallrohrstück 20 die dort vorhandenen Dampfblasen zuverlässig in Strömungsrichtung des Strömungsmediums D, W mitgerissen und über das jeweilige Überströmstück 24 in das

- jeweils nachgeschaltete Steigrohrstück 22 überführt werden. Die Einhaltung einer für diesen Zweck ausreichend hohen Strömungsgeschwindigkeit des Strömungsmediums D, W in den Fallrohrstücken 20 der Dampferzeugerrohre 12 ist dadurch gewährleistet, dass die Zuführung des Strömungsmediums D, W in die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 mit einem hierzu ausreichend hohen Dampfgehalt und/oder mit einer hierzu ausreichend hohen Enthalpie vorgesehen ist.
- 10 Um die Zuführung des Strömungsmediums D, W mit hierfür geeigneten Parametern im bereits teilweise verdampften Zustand zu ermöglichen, ist der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 des Dampferzeugers 1 strömungsmediumseitig als weitere Durchlauf-
- 15 heizfläche die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 vorgeschaltet. Die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 ist somit in der Art eines Vorverdampfers ausgelegt, so dass das Verdampfersystem durch die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 und die dieser strömungsmediumseitig nachgeschaltete Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 gebildet ist. Die in der Art eines
- 20 Vorverdampfers vorgesehene weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 ist dabei räumlich im vergleichsweise kälteren Raumbereich des Heizgaskanals 6 und somit heizgasseitig stromab der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 angeordnet. Die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 ist hingegen in größerer
- 25 Nähe zum Eintrittsbereich des Heizgaskanals 6 für das aus der Gasturbine abströmende Heizgas angeordnet und somit im Betriebsfall einem vergleichsweise starken Wärmeeintrag durch das Heizgas ausgesetzt.
- 30 Die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 ist ihrerseits ebenfalls durch eine Anzahl von zur Durchströmung des Strömungsmediums W parallel geschalteten Dampferzeugerrohren 30 gebildet. Die Dampferzeugerrohre 30 sind dabei mit ihrer
- 35 Längsachse im Wesentlichen vertikal ausgerichtet und für eine Durchströmung des Strömungsmediums W von einem unteren Eintrittsbereich zu einem oberen Austrittsbereich, also von unten nach oben, ausgelegt. Um auch für die weitere Verdampfer-

Durchlaufheizfläche 10 in der Art eines selbststabilisierenden Betriebsverhaltens eine besonders hohe Stabilität der Durchströmung zu gewährleisten, ist die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 ebenfalls derart ausgelegt, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr 30 mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr 30 einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr 30 höheren Durchsatz des Strömungsmediums W aufweist.

10 Um nach dem vorgesehenen Konzept für das durch die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 und durch die dieser strömungsmediumseitig vorgeschaltete weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 gebildete Verdampfersystem, nämlich im Auslegungsfall die eingangsseitige Bespeisung der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 mit teilweise vorverdampftem, einen ausreichend hohen Dampfgehalt und/oder eine ausreichend hohe Enthalpie aufweisendem Strömungsmedium D, W, zu gewährleisten, ist die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 geeignet dimensioniert. Dabei sind insbesondere eine geeignete Materialwahl und eine geeignete Dimensionierung der Dampferzeugerrohre 30, ggf. auch unterschiedlich zueinander, aber auch eine geeignete Positionierung der Dampferzeugerrohre 30 relativ zueinander berücksichtigt. Gerade im Hinblick auf diese Parameter ist die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 derart dimensioniert, dass im Betriebsfall das in die ihr nachgeschaltete Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 einströmende Strömungsmedium D, W eine Strömungsgeschwindigkeit von mehr als der zur Mitnahme von in den jeweiligen Fallrohrstücken 20 vorhandenen Dampfblasen erforderlichen Mindestgeschwindigkeit aufweist.

Wie sich herausgestellt hat, ist die auslegungsgemäß angestrebte hohe betriebliche Sicherheit in besonderem Maße erreichbar, indem die Wärmeaufnahme im Betriebsfall im Wesentlichen gleich auf die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 und auf die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 verteilt ist. Die Verdampfer-Durchlaufheizflächen 8, 10 und die diese

bildenden Dampferzeugerrohre 12, 30 sind daher im Ausführungsbeispiel derart dimensioniert, dass im Betriebsfall der gesamte Wärmeeintrag in die die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 bildenden Dampferzeugerrohre 12 in etwa dem Wärmeeintrag in die die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 bildenden Dampferzeugerrohre 30 entspricht. Unter Berücksichtigung der dabei auftretenden Massenströme weist dafür die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 eine im Hinblick auf die Anzahl der Dampferzeugerrohre 12 der ihr strömungsmediumseitig nachgeschalteten Durchlaufheizfläche 8 geeignet gewählte Anzahl von Dampferzeugerrohren 30 auf.

Die die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 bildenden Dampferzeugerrohre sind für eine Durchströmung des Strömungsmediums W von unten nach oben ausgelegt. Dabei umfasst die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 in der Art eines Rohrbündels eine Anzahl von in Heizgasrichtung x gesehen hintereinander angeordneten Rohrlagen 32, von denen jede aus einer Anzahl von in Heizgasrichtung x gesehen nebeneinander angeordneten Dampferzeugerrohren 30 gebildet ist, und von denen in Figur 1 jeweils lediglich ein Dampferzeugerrohr 30 sichtbar ist. Den Dampferzeugerrohren 30 jeder Rohrlage 32 ist dabei jeweils ein gemeinsamer, mit seiner Längsrichtung im Wesentlichen senkrecht zur Heizgasrichtung x ausgerichteter Eintrittssammler 34 vorgeschaltet. Die Eintrittssammler 34 sind dabei an ein in Figur 1 lediglich schematisch angedeutetes Wasserzuführsystem 36 angeschlossen, das ein Verteilersystem zur bedarfsgerechten Aufteilung des Zustroms an Strömungsmedium W auf die Eintrittssammler 34 umfassen kann.

Ausgangsseitig und somit in einem Bereich oberhalb des Heizgaskanals 6 münden die die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 bildenden Dampferzeugerrohre 30 in eine Anzahl von zugeordneten Austrittssammlern 38. Jeder der im Wesentlichen parallel zueinander und nebeneinander angeordneten Austrittssammlern 38, von denen in Figur 1 lediglich einer sichtbar ist, ist mit seiner Längsachse im Wesentlichen parallel zur

Heizgasrichtung x ausgerichtet. Die Anzahl der Austrittssammler 38 ist dabei an die Anzahl der Dampferzeugerrohre 30 in jeder Rohrlage 32 angepasst.

5 Jedem Austrittssammler 38 ist ein Eintrittssammler 14 der der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 strömungsmediumseitig nachgeschalteten Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 zugeordnet. Auf Grund der u-förmigen Ausgestaltung der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 befindet sich der jeweilige Eintrittssammler 14 ebenso wie der jeweilige Austrittssammler 38 oberhalb des Heizgaskanals 6. Die strömungsmediumseitige Hintereinanderschaltung der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 mit der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 ist dabei auf besonders einfache Weise möglich, indem jeder Austrittssammler 38 mit dem ihm jeweils zugeordneten Eintrittssammler 14 in eine bauliche Einheit 40 integriert. Durch die bauliche oder konstruktive Einheit 40 ist ein unmittelbares Überströmen des Strömungsmediums W von der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 in die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 ermöglicht, ohne dass ein vergleichsweise aufwändiges Verteiler- oder Verbindungssystem erforderlich wäre.

Wie in Figur 2 in Aufsicht im Ausschnitt dargestellt ist, sind die Dampferzeugerrohre 30 jeweils zweier benachbarter Rohrlagen 32 in einer Richtung senkrecht zur Heizgasrichtung x gesehen versetzt zueinander angeordnet, so dass sich hinsichtlich der Anordnung der Dampferzeugerrohre 30 ein im Wesentlichen rautenförmiges Grundmuster ergibt. Bei dieser Anordnung sind die Austrittssammler 38, von denen in Figur 2 lediglich einer gezeigt ist, derart positioniert, dass in jeden Austrittssammler 38 aus jeder Rohrlage 32 jeweils ein Dampferzeugerrohr 30 einmündet. Dabei ist auch erkennbar, dass jeder Austrittssammler 38 mit einem zugeordneten Eintrittssammler 14 für die der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 nachgeschaltete Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 zu einer baulichen Einheit 40 integriert ist.

Figur 2 ist weiterhin entnehmbar, dass die die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 bildenden Dampferzeugerrohre 12 ebenfalls eine Anzahl von in Heizgasrichtung x gesehen hintereinander liegenden Rohrlagen bilden, wobei die in Heizgasrichtung x gesehen ersten beiden Rohrlagen aus den Steigrohrstücken 22 der Dampferzeugerrohre 12 gebildet sind, die ausgangsseitig in den Austrittssammler 16 für das verdampfte Strömungsmedium D münden. Die in Heizgasrichtung x gesehen nächsten beiden Rohrlagen sind hingegen aus den Fallrohrstücken 20 der Dampferzeugerrohre 12 gebildet, die eingangsseitig mit einem jeweils zugeordneten Eintrittssammler 14 verbunden sind.

Figur 3 zeigt in Seitenansicht ausschnittsweise den Eintrittsbereich der Dampferzeugerrohre 12 und den Austrittsbereich der Dampferzeugerrohre 30 in die jeweils zugeordnete bauliche Einheit 40, die einerseits den Austrittssammler 38 für eine Anzahl von die weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 bildenden Dampferzeugerrohren 30 und andererseits den Eintrittssammler 14 für jeweils zwei der die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 bildenden Dampferzeugerrohre 12 umfasst. Aus dieser Darstellung wird besonders deutlich, dass aus den Dampferzeugerrohren 30 abströmendes, in den Austrittssammler 38 eintretendes Strömungsmedium D, W auf direktem Weg in den der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 zugeordneten Eintrittssammler 14 überströmen kann. Beim Überströmen des Strömungsmediums D, W prallt dieses zunächst gegen eine Bodenplatte 42 der den Eintrittssammler 14 umfassenden baulichen Einheit 40. Infolge dieses Anprallens erfolgt eine Verwirbelung und besonders innige Durchmischung des Strömungsmediums D, W, bevor dieses vom Eintrittssammler 14 aus in die Fallrohrstücke 20 der zugeordneten Dampferzeugerrohre 12 übertritt.

Wie in der Darstellung nach Figur 3 zudem noch besonders deutlich wird, ist der als Eintrittssammler 14 für die Dampferzeugerrohre 12 ausgestaltete endseitige Teil der baulichen

Einheit 40 derart ausgelegt, dass die Abströmung des Strömungsmediums W in die Dampferzeugerrohre 12 hinein für sämtliche Dampferzeugerrohre 12 aus einer einzigen Ebene senkrecht zur Längsrichtung der baulichen Einheit 40 heraus erfolgt. Um dies auch für zwei Dampferzeugerrohre 12 zu ermöglichen, die hinsichtlich ihrer eigentlichen räumlichen Positionierung zwei verschiedenen, in Heizgasrichtung x gesehen hintereinander angeordneten Rohrlagen zuzuordnen sind, ist jedem Dampferzeugerrohr 12 jeweils ein Überströmstück 46 zugeordnet. Jedes Überströmstück 46 verläuft dabei schräg zur Heizgasrichtung x und verbindet den oberen Bereich des jeweils zugeordneten Dampferzeugerrohrs 12 mit der jeweiligen Austrittsöffnung 48 des Eintrittssammlers 14. Durch diese Anordnung können sämtliche Austrittsöffnungen 48 der Eintrittssammler 14 in einer gemeinsamen Ebene senkrecht zur Zylinderachse der baulichen Einheit 40 positioniert sein, so dass bereits aufgrund der symmetrischen Anordnung der Austrittsöffnungen 48 in Relation zum Strömungspfad des Strömungsmediums D, W eine gleichmäßige Verteilung des in die Dampferzeugerrohre 12 eintretenden Strömungsmediums D, W gewährleistet ist.

Zur weiteren Verdeutlichung der Rohrführungen im Bereich ihrer Ein- bzw. Austritte in die bzw. aus der baulichen Einheit 40 ist in Figur 4 eine Anzahl derartiger baulicher Einheiten 40 in Vorderansicht gezeigt, wobei die in Figur 2 mit IV bezeichnete Schnittlinie zugrunde gelegt ist. Dabei ist erkennbar, dass die beiden in Figur 4 links dargestellten baulichen Einheiten 40, die im Bereich ihres als Eintrittssammler 14 für die nachgeschalteten Dampferzeugerrohre 12 ausgebildeten Endes gezeigt sind, jeweils über die Überströmstücke 46 mit den nachgeschalteten Fallrohrstücken 20 der Dampferzeugerrohre 12 verbunden sind.

Im Vergleich dazu sind die beiden in Figur 4 rechts abgebildeten baulichen Einheiten 40 jeweils im Bereich ihres als Austrittssammler 38 für die Dampferzeugerrohre 30 der weite-

ren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 ausgebildeten vorderen Bereich gezeigt. Der Darstellung ist dabei entnehmbar, dass die aus jeweils hintereinander liegenden Rohrlagen 32 in die bauliche Einheit 40 einmündenden Dampferzeugerrohre 30 in einfach gewinkelter Form in die bauliche Einheit 40 hineingeführt sind.

Der Dampferzeuger 1 nach Figur 1 und mit den besonderen Ausgestaltungen nach den Figuren 2 bis 4 ist für einen besonders sicheren Betrieb der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 ausgestaltet. Dazu wird beim Betrieb des Dampferzeugers 1 sichergestellt, dass die im wesentlichen u-förmig ausgebildete Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 mit Strömungsmedium D, W mit einer Strömungsgeschwindigkeit von mehr als einer vorgegebenen Mindestgeschwindigkeit beaufschlagt wird. Dadurch wird erreicht, dass in den Fallrohrstücken 20 der die Durchlaufheizfläche 8 bildenden Dampferzeugerrohre vorhandene Dampfblasen mitgerissen und in das jeweils nachgeschaltete Steigrohrstück 22 verbracht werden. Um eine dafür ausreichend hohe Strömungsgeschwindigkeit beim in die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 einströmenden Strömungsmedium D, W sicherzustellen, erfolgt die Bespeisung der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 unter Nutzung der dieser vorgeschalteten weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche 10 derart, dass das in die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 einströmende Strömungsmedium D, W einen Dampfgehalt oder eine Enthalpie von mehr als einem vorgebbaren Mindestdampfgehalt bzw. mehr als einer vorgebbaren Mindestenthalpie aufweist. Zur Einhaltung hierzu geeigneter Betriebsparameter sind die Verdampfer-Durchlaufheizflächen 8,10 derart ausgelegt oder dimensioniert, dass in allen Betriebspunkten der Dampfgehalt bzw. die Enthalpie des Strömungsmediums D,W bei Eintritt in die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 oberhalb geeignet vorgegebener Kennlinien liegt, wie sie beispielhaft in den Figuren 5a, 5b dargestellt sind.

Die Figuren 5a, 5b zeigen in der Art einer Kurvenschar mit dem Betriebsdruck als Schar-Parameter die funktionale Abhän-

gigkeit des mindestens einzustellenden Dampfanteils X_{\min} bzw. der mindestens einzustellenden Enthalpie H_{\min} als Funktion der auslegungsgemäß gewählten Massenstromdichte \dot{m} . Dargestellt ist dabei als Kurve 70 das Auslegungskriterium jeweils für
5 einen Betriebsdruck von $p = 25$ bar, wohingegen die Kurve 72 jeweils für einen Betriebsdruck von $p = 100$ bar vorgesehen ist.

So ist an diesen Kurvenscharen beispielsweise erkennbar, dass
10 im Teillastbetrieb bei einer Auslegungsmassenstromdichte \dot{m} von $100 \text{ kg/m}^2\text{s}$ und einem vorgesehenen Betriebsdruck von $p = 100$ bar sichergestellt werden sollte, dass der Dampfgehalt X_{\min} im der Durchlaufheizfläche 8 zuströmenden Strömungsmedium W einen Wert von mindestens 25%, vorzugsweise etwa 30%, ein-
15 nehmen sollte. In alternativer Darstellung dieses Auslegungskriteriums kann auch vorgesehen sein, dass die Enthalpie des der Durchlaufheizfläche 8 zuströmenden Strömungsmediums W bei den genannten Betriebsbedingungen mindestens einen Wert von $H = 1750 \text{ kJ/kg}$ aufweisen sollte. Die zur Einhaltung dieser Be-
20 dingungen auslegungsgemäß vorgesehene weitere Durchlaufheizfläche 10 ist hinsichtlich ihrer Dimensionierung, also beispielsweise hinsichtlich der Art, Anzahl und Ausgestaltung der sie bildenden Dampferzeugerrohre 30, unter Berücksichtigung des auslegungsgemäß im für ihre räumliche Positionierung
25 vorgesehenen Raumbereich innerhalb des Heizgaskanals 6 vorhandenen Wärmeangebots an diese Randbedingungen angepaßt.

Patentansprüche

.....

1. Verfahren zum Betreiben eines Dampferzeugers (1) mit einer
in einem in einer annähernd horizontalen Heizgasrichtung (x)
5 durchströmbaren Heizgaskanal (6) angeordneten Verdampfer-
Durchlaufheizfläche (8), die eine Anzahl von zur Durchströ-
mung eines Strömungsmediums (W) parallel geschalteten Damp-
ferzeugerrohren (12) umfaßt, die jeweils ein annähernd verti-
kal angeordnetes, vom Strömungsmedium (W) in Abwärtsrichtung
10 durchströmbares Fallrohrstück (20) und ein diesem strömungs-
mediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordne-
tes und vom Strömungsmedium (W) in Aufwärtsrichtung durch-
strömbares Steigrohrstück (22) aufweisen, wobei die Verdamp-
fer-Durchlaufheizfläche (8) derart ausgelegt ist, daß ein im
15 Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr (12) derselben
Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) mehrbeheiztes Dampferzeu-
gerrohr (12) einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeuger-
rohr (12) höheren Durchsatz des Strömungsmediums (W) auf-
weist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das
20 Strömungsmedium (W) der Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8)
derart zugeführt wird, dass es im Fallrohrstück (20) des je-
weiligen Dampferzeugerrohrs (12) eine Strömungsgeschwindig-
keit von mehr als einer vorgegebenen Mindestgeschwindigkeit
aufweist.

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Mindestgeschwindig-
keit die zur Mitnahme von im jeweiligen Fallrohrstück (20)
erzeugten Dampfblasen erforderliche Strömungsgeschwindigkeit
vorgegeben wird.

30

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Strömungsme-
dium (W) vor seinem Eintritt in die Verdampfer-Durchlaufheiz-
fläche (8) derart teilweise vorverdampft wird, dass es beim
Eintritt in die Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) einen
35 Dampfgehalt und/oder eine Enthalpie von mehr als einem vorge-
gebenen Mindestdampfgehalt bzw. einer vorgegebenen Minde-
stenthalpie aufweist.

4. Dampferzeuger (1), bei dem in einem in einer annähernd horizontalen Heizgasrichtung (x) durchströmbarcn Heizgaskanal (6) eine Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) angeordnet ist, die eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums (W) parallel geschalteten Dampferzeugerrohren (12) umfaßt, die jeweils ein annähernd vertikal angeordnetes, vom Strömungsmedium (W) in Abwärtsrichtung durchströmbares Fallrohrstück (20) und ein diesem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium (W) in Aufwärtsrichtung durchströmbares Steigrohrstück (22) aufweisen, wobei die Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) derart ausgelegt ist, daß ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr (12) derselben Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr (12) einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr (12) höheren Durchsatz des Strömungsmediums (W) aufweist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) strömungsmediumsseitig eine weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) vorgeschaltet ist..

5. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 4, dessen weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums (W) parallel geschalteten Dampferzeugerrohren (30) umfaßt und derart ausgelegt ist, daß ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr (30) der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr (30) einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr (30) höheren Durchsatz des Strömungsmediums (W) aufweist.

6. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 4 oder 5, dessen weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) derart dimensioniert ist, dass im Betriebsfall das in die ihr nachgeschaltete Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) einströmende Strömungsmedium (W) eine Strömungsgeschwindigkeit von mehr als der zur Mitnahme

entstehender Dampfblasen erforderlichen Mindestgeschwindigkeit aufweist.

7. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein den Dampferzeugerrohren (30) der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) strömungsmediumsseitig nachgeschalteter Austrittssammler (38) mit seiner Längsachse im wesentlichen parallel zur Heizgasrichtung (x) ausgerichtet ist.

8. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dessen weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) eine Anzahl von in Heizgasrichtung (x) gesehen hintereinander angeordneten Rohrlagen umfaßt, von denen jede aus einer Anzahl von in Heizgasrichtung (x) gesehen nebeneinander angeordneten Dampferzeugerrohren (30) gebildet ist.

9. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 8, dessen weiterer Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) eine der Anzahl der Dampferzeugerrohre (30) in jeder Rohrlage entsprechende Anzahl von mit ihrer Längsachse im wesentlichen parallel zur Heizgasrichtung (x) ausgerichteten Austrittssammlern (38) zugeordnet ist, wobei in jeden Austrittssammler (38) jeweils ein Dampferzeugerrohr (30) jeder Rohrlage einmündet.

10. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem der oder jeder Austrittssammler (38) der weiteren Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) mit einem jeweils zugeordneten Eintrittssammler (14) der strömungsmediumsseitig nachgeschalteten Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) in einer konstruktiven Einheit integriert ist.

11. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 10, bei dem die Dampferzeugerrohre (12) der Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) in einer gemeinsamen, senkrecht zur Heizgasrichtung (x) ausgerichteten Ebene an den ihnen jeweils zugeordneten Eintrittssammler (14) angeschlossen sind.

12. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dessen Austrittssammler (38) oberhalb des Heizgaskanals angeordnet ist bzw. sind.

5

13. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 12, dem heizgasseitig eine Gasturbine vorgeschaltet ist.

Zusammenfassung

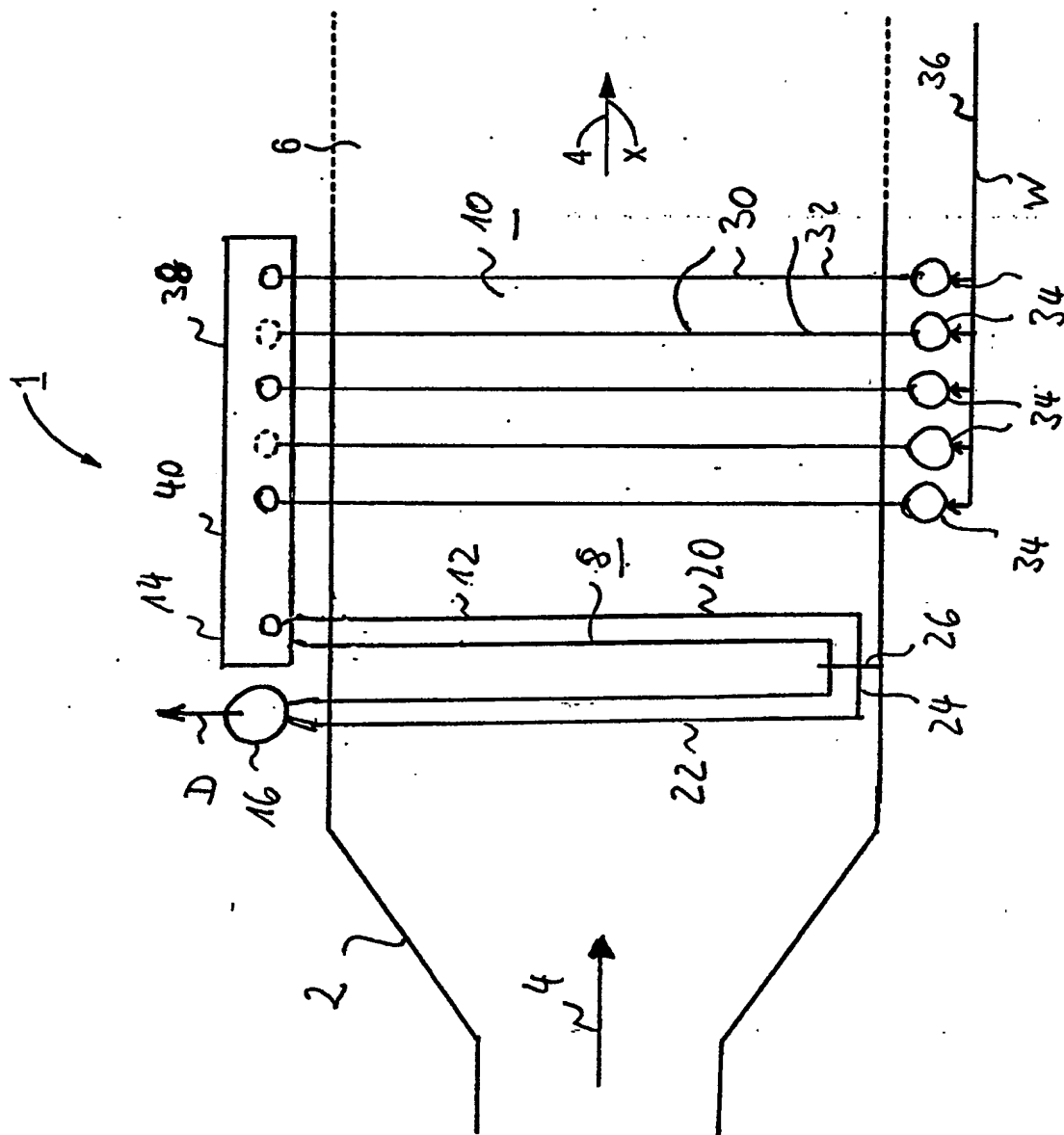
Verfahren zum Betreiben eines Dampferzeugers in liegender Bauweise sowie Dampferzeuger zur Durchführung des Verfahrens

5

Ein Dampferzeuger (1), bei dem in einem in einer annähernd horizontalen Heizgasrichtung (x) durchströmbaren Heizgaskanal (6) eine Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) angeordnet ist, die eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums (D, W) parallel geschalteten Dampferzeugerrohren (12) umfaßt, die jeweils ein annähernd vertikal angeordnetes, vom Strömungsmedium (D, W) in Abwärtsrichtung durchströmbares Fallrohrstück (20) und ein diesem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium (D, W) in Aufwärtsrichtung durchströmbares Steigrohrstück (22) aufweisen, wobei die Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) derart ausgelegt ist, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr (12) derselben Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) mehr beheiztes Dampferzeugerrohr (12) einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr (12) höheren Durchsatz des Strömungsmediums (D, W) aufweist, soll auf vergleichsweise einfache Weise mit einem besonders hohen Maß an Strömungsstabilität in der Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) betrieben werden. Dazu wird das Strömungsmedium (D, W) der Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) erfindungsgemäß derart zugeführt, dass es im Fallrohrstück (20) des jeweiligen Dampferzeugerrohrs (12) eine Strömungsgeschwindigkeit von mehr als einer vorgebbaren Mindestgeschwindigkeit aufweist. Dazu ist bei einem zur Durchführung des Verfahrens besonders geeigneten Dampferzeuger (1) der Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) strömungsmediumsseitig eine weitere Verdampfer-Durchlaufheizfläche (10) vorgeschaltet.

FIG 1

Fig. 1



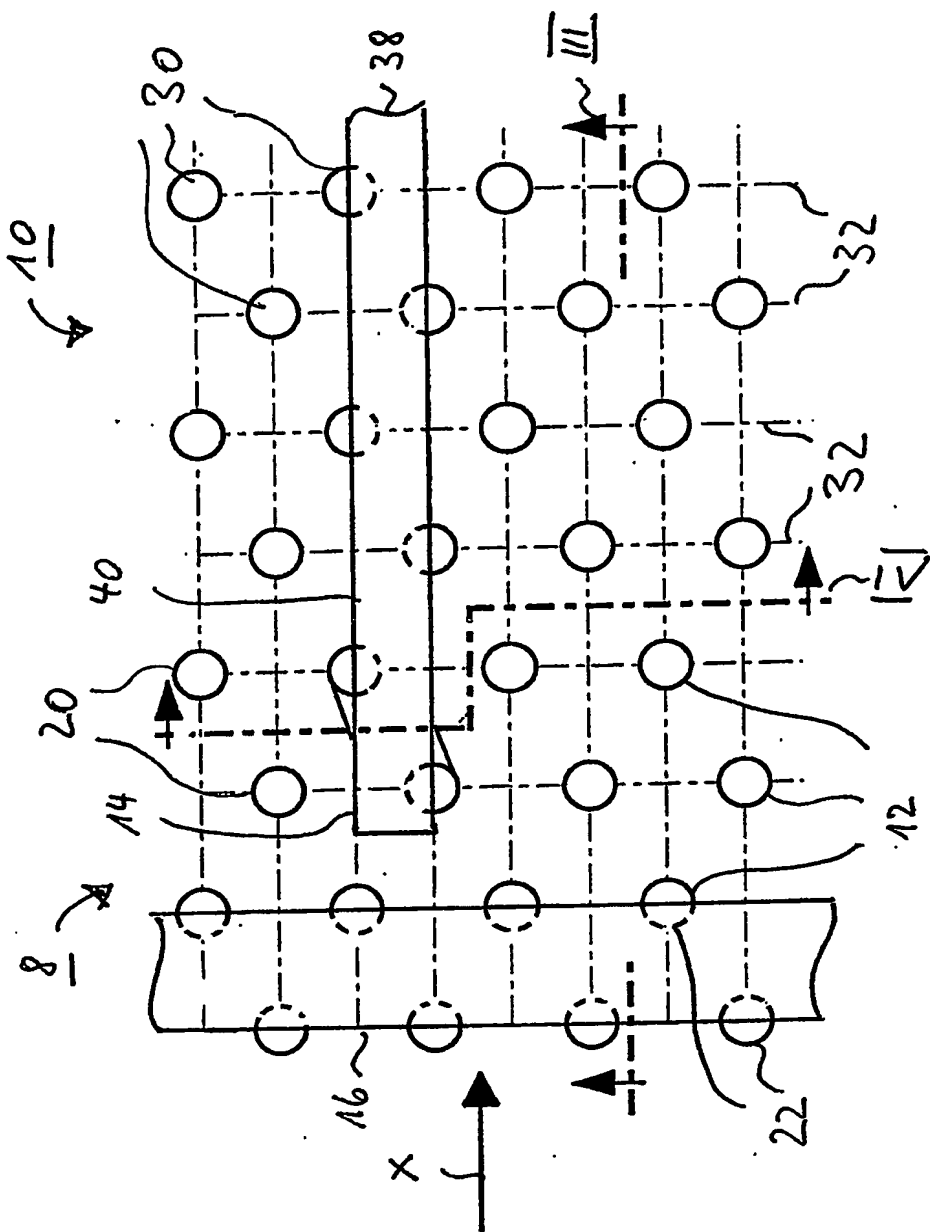


Fig. 2

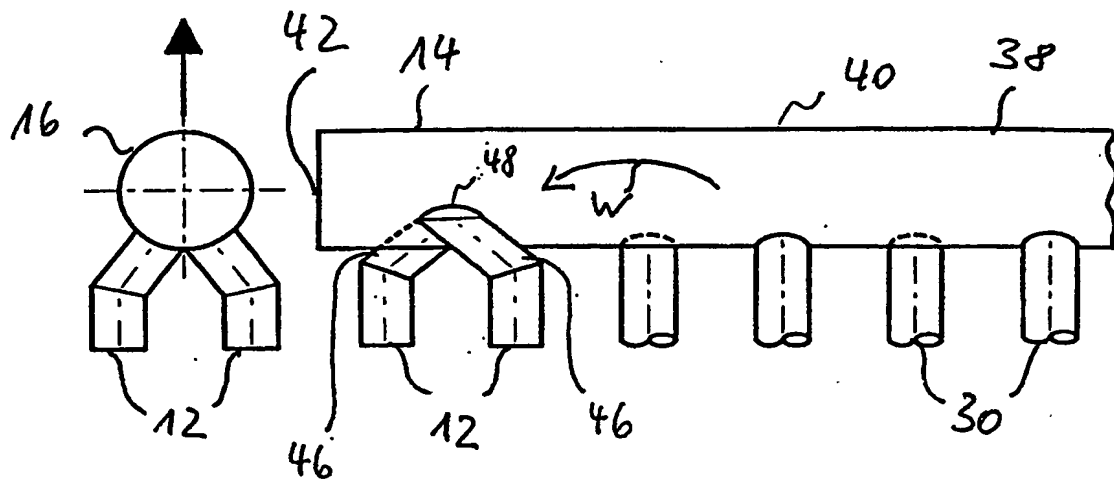


Fig. 3

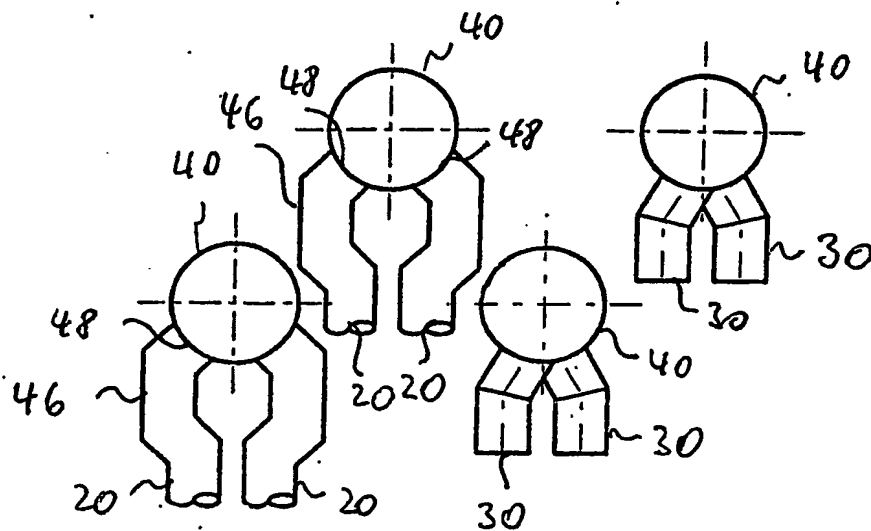


Fig. 4

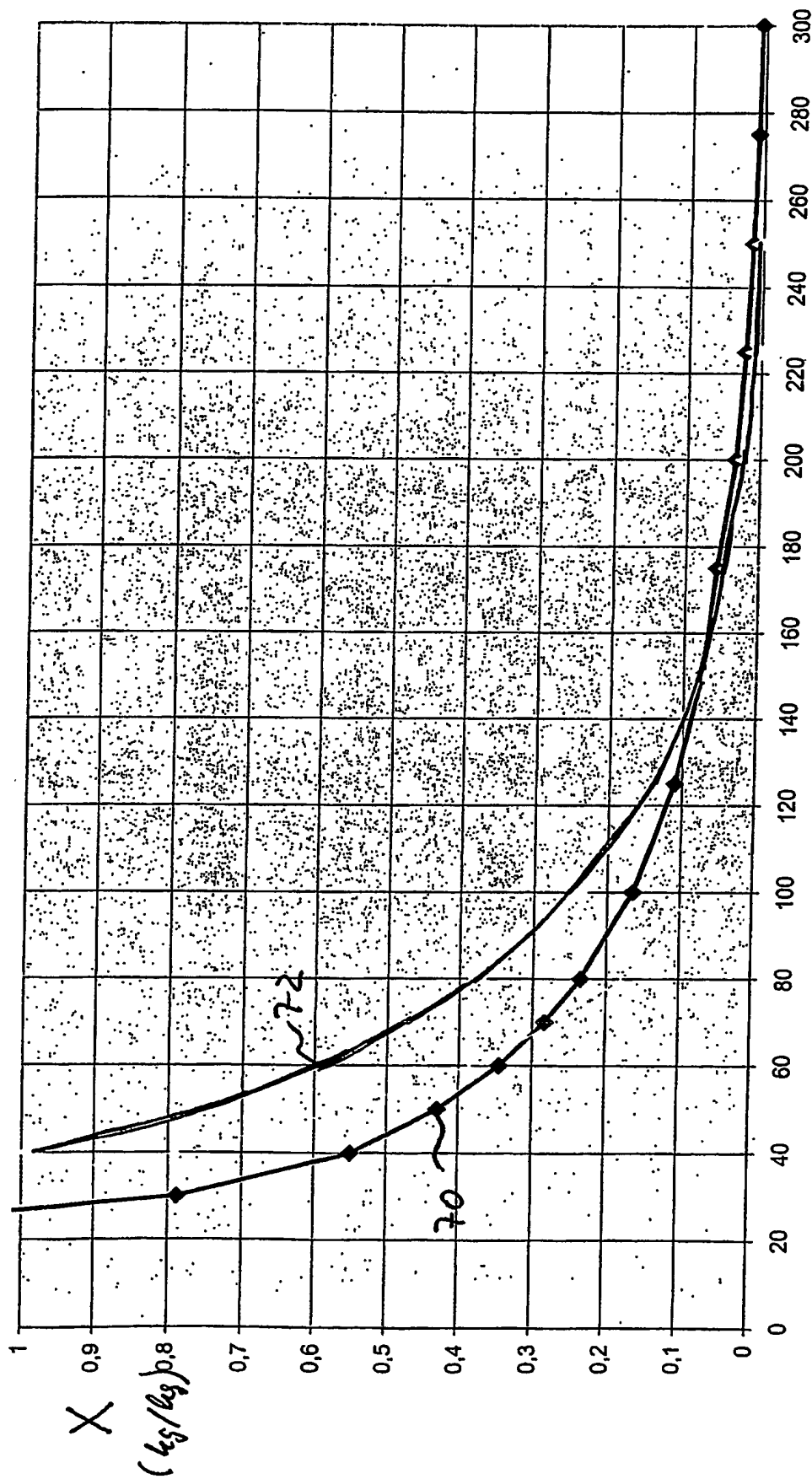
 m [kg/sm^2]

Fig. 5a

2001 23526

S / S

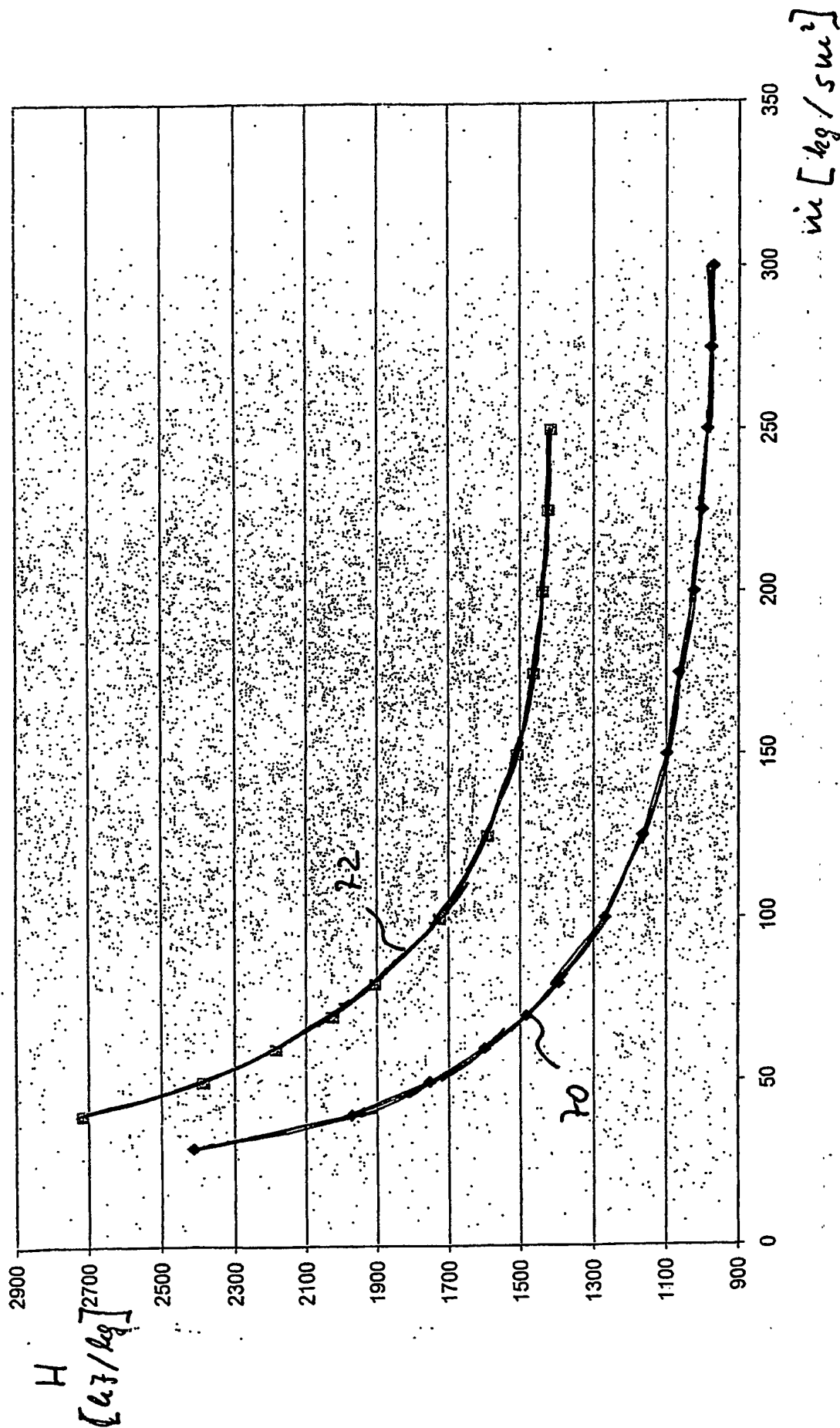


Fig. 56

PCT Application
EP0309569



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.